

PCT/KR 03/02744

PO/KR 13.12.2003

Rec'd PTO 29 JUN 2005

REC'D 29 DEC 2003

WIPO

PC

대한민국 특허청

KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2002-0086299
Application Number

출원년월일 : 2002년 12월 30일
Date of Application DEC 30, 2002

출원인 : 주식회사 네스캡
Applicant(s) NESSCAP CO., LTD.

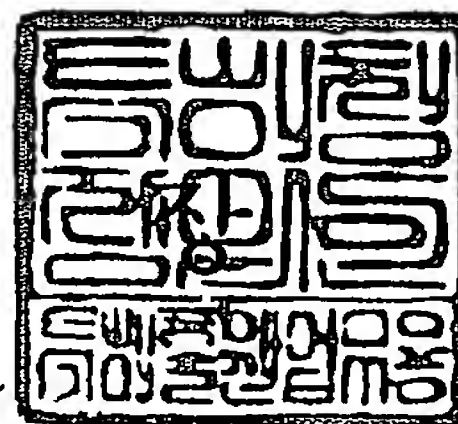
PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



2003 년 12 월 13 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2002.12.30
【발명의 명칭】	전기에너지 저장장치 및 이의 충전방전 방법
【발명의 영문명칭】	ELECTRIC ENERGY STORAGE DEVICE AND METHOD OF CHARGING AND DISCHARGING THE SAME
【출원인】	
【명칭】	주식회사 네스캡
【출원인코드】	1-2001-016762-5
【대리인】	
【성명】	박영우
【대리인코드】	9-1998-000230-2
【포괄위임등록번호】	2001-023663-0
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김성민
【성명의 영문표기】	KIM, Sung Min
【주민등록번호】	640609-1550418
【우편번호】	449-906
【주소】	경기도 용인시 기흥읍 서천리 374-3
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이희영
【성명의 영문표기】	LEE, Hee Young
【주민등록번호】	670407-1932311
【우편번호】	431-070
【주소】	경기도 안양시 동안구 평촌동 초원대원아파트 303동 1504호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	정용호
【성명의 영문표기】	JUNG, Yong Ho
【주민등록번호】	750121-1123117

【우편번호】	442-821
【주소】	경기도 수원시 팔달구 원천동 30-40
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김희수
【성명의 영문표기】	KIM,Heui Soo
【주민등록번호】	691010-1551011
【우편번호】	140-032
【주소】	서울특별시 용산구 이촌2동 411번지 동아그린아파트 102동 204호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박성철
【성명의 영문표기】	PARK,Sung Chul
【주민등록번호】	731102-1357612
【우편번호】	130-834
【주소】	서울특별시 동대문구 이문2동 402-4
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이하영
【성명의 영문표기】	LEE,Ha Young
【주민등록번호】	750920-2056712
【우편번호】	442-821
【주소】	경기도 수원시 팔달구 원천동 30-45 202호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김은실
【성명의 영문표기】	KIM,Eun Sil
【주민등록번호】	760125-2462128
【우편번호】	442-816
【주소】	경기도 수원시 팔달구 우만2동 87-3
【국적】	KR
【심사청구】	청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
박영우 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 17 면 17,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 19 항 717,000 원

【합계】 763,000 원

【감면사유】 중소기업

【감면후 수수료】 381,500 원

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통 2. 중소기업기본법시행령 제2조에 의한 중소기업에 해당함을 증명하는 서류_1통

【요약서】

【요약】

용량 대비 가격이 저렴하면서도 싸이클 특성, 온도 특성 등이 우수한 전기에너지 저장장치와 에너지 저장장치의 용량을 최대로 활용할 수 있는 전기에너지 저장장치의 충방전 방법이 개시되어 있다. 제 1 전기에너지 저장장치와 전기용량이 제 1 전기에너지 저장장치의 전기용량의 4 배 이상이고 100배 이하이며 제 1 전기에너지 저장장치에 직렬로 연결되어 있는 제 2 전기에너지 저장장치를 포함하는 전기에너지 저장장치를 제공한다. 또한 상술한 전기에너지 저장장치의 제 1 전기에너지 저장장치가 전기이중층 캐패시터인 경우 제 1 전기에너지 저장장치를 0 V 이하까지 사용하여 가용 에너지를 증가시킬 수 있는 충방전 방법을 제공한다. 이러한 에너지 저장장치를 산, 바다 등의 야외나 도로 등 신속한 유지보수가 용이하지 않은 곳에서의 전원으로 사용하는 경우 유지보수 비용을 대폭 절감할 수 있고, 안정적인 전원의 제공이 가능해진다.

【대표도】

도 4

【명세서】

【발명의 명칭】

전기에너지 저장장치 및 이의 충방전 방법{ELECTRIC ENERGY STORAGE DEVICE AND METHOD OF CHARGING AND DISCHARGING THE SAME}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 전기이중층캐패시터의 싸이클 특성을 나타내는 그래프이다.

도 2는 전기이중층캐패시터의 온도 특성을 나타내는 그래프이다.

도 3은 납축전지의 온도특성을 나타내는 그래프이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 전기에너지 저장장치를 나타내는 구성도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 전기에너지 저장장치의 충방전특성을 나타내는 그래프이다.

도 6는 도 5의 에너지저장장치의 온도특성을 나타내는 그래프이다.

도 7은 도 5의 에너지저장장치의 싸이클 특성을 나타내는 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일실예에 따른 전기에너지 저장장치의 충방전 특성을 나타내는 그래프이다.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 *

10 : 제 1 전기에너지 저장장치 20 : 제 2 전기에너지 저장장치

30 : 과전압 방지장치 32 : 전압비교기

34 : 스위치 36 : 브리드 저항

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <13> 본 발명은 전기에너지 저장장치 및 전기에너지 저장장치의 충방전 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 온도 특성 및 싸이클 특성이 서로 상이하고, 용량 차이가 나는 두 에너지 저장장치를 직렬로 연결한 전기에너지 저장장치 및 이 전기에너지 저장장치의 충방전 방법에 관한 것이다.
- <14> 캐패시터(condenser, capacitor)는 전기용량을 얻기 위한 장치로서, 축전지(storage battery) 등과 더불어 전기에너지 저장장치의 일종이라 할 수 있다. 최근 전기이중층 캐패시터(Electric Double Layer Capacitor: EDLC), 금속산화물 의사캐패시터, 또는 축전지와 전기이중층 캐패시터를 결합한 형태인 하이브리드 캐패시터같은 울트라캐패시터(ultracapacitor, supercapacitor)는 전기 자동차, 하이브리드 자동차, 태양에너지용 전원장치, 무정전 전원공급장치(Uninterruptible Power Supply: UPS)와 같은 산업용 전원장치 등에 사용이 확대되고 있다.
- <15> 울트라캐패시터는 활성탄소 또는 금속산화물에 물리적 반응 또는 반응속도가 빠른 전기 화학 반응을 이용하여 전기에너지를 저장하는 전기에너지 저장장치로서 기존의 축전지에 비해 싸이클 특성 및 온도 특성이 우수하다.
- <16> 도 1은 울트라캐패시터의 일종인 전기이중층 캐패시터의 싸이클 특성을 나타내는 그래프이고, 도 2는 울트라캐패시터의 일종인 전기이중층 캐패시터의 온도 특성을 나타내는 그래프이다. 상기 도 1 및 도 2에서 구체적으로 확인할 수 있는 바와 같이 울트라캐패시터는 100,000

회 이상의 사이클 수명을 갖는 등 거의 반영구적인 수명을 가지며, -45 내지 60°C 의 넓은 범위에서 우수한 온도 특성을 나타내므로 저온에서 자동차엔진 시동용 등으로 사용되고 있다.

<17> 그러나 울트라캐패시터의 가격은 $20,000\text{원/Wh}$ 정도로 납축전지의 가격 60원/Wh 에 비하여 비싸기 때문에, 우수한 특성을 가지고 있음에도 불구하고 보급이 더디게 진행되고 있다. 하지만, 축전지의 경우 수명이 2~3년 정도에 지나지 않기 때문에 많은 유지보수비용이 소요된다. 특히 도로나 야외에서 사용되는 표시등용 태양전지 전원의 경우 현재 축전지가 많이 사용되고 있지만 과도한 유지보수비용 문제로 인하여 울트라캐패시터의 사용이 확대되고 있다.

<18> 한편 향상된 에너지밀도 및 사이클 수명을 가지면서, 동시에 가격은 저렴한 울트라캐패시터에 관한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 예를 들면, 한쪽 전극은 활물질로 전기이중층 캐패시터에서 사용되는 활성탄소를 사용하고, 다른 한쪽 전극은 리튬이온전지에 사용되는 리튬이 인터칼레이션(intercalation)된 흑연을 사용하거나 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 같이 용량이 큰 이차전지에서 사용되는 전극을 사용하여 하이브리드 캐패시터를 제작함으로써, 활성탄소의 용량 활용률을 증가시키고 충방전시 이차전지 전극의 충방전심도를 작게 하여 이차전지의 단점인 사이클 수명 문제를 해결할 수 있는 방법들이 연구되고 있다. 그러나 한가지 전해질로 캐패시터의 특성과 이차전지의 특성을 동시에 만족시키기는 쉽지 않다.

<19> 일반적으로 이차전지는 용량 대비 저렴한 가격과 높은 에너지밀도를 가지지만 전기에너지를 저장하기 위해 전기화학반응을 이용하기 때문에 온도에 따른 특성변화가 크며, 충방전 사이클이 진행됨에 따라 전극이 열화되기 때문에 사이클 수명이 짧은 편이다. 이를 도면을 참고하여 살펴보면 다음과 같다.

<20> 도 3은 납축전지의 온도 특성을 나타내는 그래프이다. 도 3에 나타난 바와 같이 가장 많이 사용되는 이차전지인 납축전지의 경우, 25°C 의 용량을 기준으로 할때 0°C 의 용량은 62%이

고 -25°C 일 때의 용량은 33%에 그친다. 따라서 납축전지 등의 이차전지는 온도 특성, 특히 저온특성이 열악한 편이며 싸이클 수명이 300 싸이클 정도에 불과하다. 즉 납축전지를 차량용으로 사용하는 경우 열악한 저온특성으로 인하여 영하의 기온에서 시동실패가 발생하며 태양전지 용으로 사용하는 경우 용량 저하와 충전성능 저하로 시스템의 동작에 있어서 문제를 야기시킨다. 이 가운데 태양전지용으로 사용하는 경우, 이러한 문제를 해결하기 위해 용량이 큰 납축전지를 사용하면 충전이 잘되지 않은 상황에서 시스템의 동작기간을 연장시킬 수 있지만, 용량이 크기 때문에 일단 방전된 후에는 저온에서 충전성능은 더욱 열악해진다. 이러한 현상은 납축전지에 국한된 문제가 아닌 이차전지의 일반적인 특성이다.

<21> 이러한 문제점을 극복하기 위하여 캐패시터와 이차전지를 병렬로 연결함으로써 캐패시터의 우수한 동력특성을 활용하여 피크파워를 캐패시터에서 감당케 함으로써 이차전지의 부하를 경감시켜 수명을 증가시키고 동력특성을 향상시키는 방식이 널리 이용되고 있다.

<22> 그러나 이러한 방법을 이용하면 이차전지의 수명을 증가시키고 동력특성을 향상시킬 수는 있지만, 용량 대비 가격을 감소시키는 방법은 아니다.

<23> 또한 이차전지와 캐패시터 같은 전기에너지 저장장치들을 직렬로 연결하는 경우라도, 셀간의 전압편차를 줄이기 위해 용량이 거의 같은 동종의 이차전지 또는 캐패시터를 사용하는 것이 일반적이다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<24> 따라서 본 발명의 제 1 목적은 용량 대비 가격이 저렴하면서도 싸이클 특성, 온도 특성 등이 우수한 전기에너지 저장장치를 제공하는 것이다.

<25> 본 발명의 제 2 목적은 상기 에너지 저장장치의 용량을 최대한로 활용할 수 있는 전기에너지 저장장치의 충방전 방법을 제공하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<26> 상기 본 발명의 제 1 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 제 1 전기에너지 저장장치 및 전기용량이 제 1 전기에너지 저장장치 전기용량의 약 4 내지 100 배이고, 제 1 전기에너지 저장장치에 직렬로 연결되어 있는 제 2 전기에너지 저장장치를 포함하는 전기에너지 저장장치를 제공한다.

<27> 여기서 제 1 전기에너지 저장장치 및 제 2 전기에너지 저장장치로 2차 전지나 울트라캐패시터 같은 에너지 저장장치를 사용할 수 있다. 예를 들면, 2차 전지로는 납축전지, 니켈-카드뮴(Ni-Cd) 전지, 니켈-수소 전지, 또는 리튬이온 전지 등을 사용할 수 있고, 울트라캐패시터로는 전기이중층 캐패시터, 금속산화물 의사캐패시터, 또는 하이브리드 캐패시터 등을 사용할 수 있다. 또한, 제 1 전기에너지 저장장치 양단에 과전압 방지장치를 더 포함하거나 제 2 전기에너지 저장장치 양단에 과방전 방지장치를 더 포함할 수 있는데, 과전압 방지장치로는 제너다이오드(Zener diode), 션트 레귤레이터(shunt regulator) 같은 부품을 사용하거나 설정전압과 인가전압을 비교하는 전압비교기, 상기 전압비교기에서의 전압비교결과 인가전압이 설정전압을 초과하는 경우 통전시키는 스위치, 및 상기 스위치가 통전되는 경우 에너지 저장장치를 방전시키는 브리드 저항로 구성된 과전압방지회로 등도 사용이 가능하다.

<28> 상술한 본 발명의 제 2 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 제 1 전기에너지 저장장치, 및 전기용량이 제 1 전기에너지 저장장치 전기 용량의 4 내지 100 배이고, 제 1 전기에너지 저장장치에 직렬로 연결되어 있는 제 2 전기에너지 저장장치를 포함하는 전기에너지 저장장치의 충방

전 방법에 있어서, 제 1 전기에너지 저장장치의 전압을 0 V이하까지 방전하여 사용할 수 있는 에너지를 증가시킬 수 있는 충방전 방법을 제공한다.

<29> 이때 제 1 전기에너지 저장장치로는 전기이중층 캐패시터를 사용할 수 있고, 제 2 전기에너지 저장장치로는 납축전지, 니켈-카드뮴(Ni-Cd) 전지, 니켈-수소전지, 또는 리튬이온 전지를 사용할 수 있다.

<30> 본 발명에 의하면, 싸이클 수명과 온도 특성을 향상시켜 전기에너지 저장장치의 수명을 연장시킬 수 있고, 온도에 관계없이 시스템의 원활한 동작이 가능하며, 동시에 용량 또는 에너지 대비 가격이 저렴한 경제적인 전기에너지 저장장치를 제공할 수 있으며, 이러한 에너지 저장장치를 산, 바다 등의 야외나 도로 등 신속한 유지보수가 용이하지 않은 곳에서의 전원으로 사용하는 경우 유지보수 비용을 대폭 절감할 수 있고, 안정적인 전원의 제공이 가능해진다.

<31> 이하, 본 발명을 첨부하는 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

<32> 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 전기에너지 저장장치를 나타내는 구성도이다.

<33> 도 4를 참조하면, 본 발명은 제 1 전기에너지 저장장치(10)를 포함한다. 상기 제 1 전기에너지 저장장치(10)로는 2차 전지나 캐패시터를 사용할 수 있는데, 후술하는 제 2 전기에너지 저장장치(20) 보다 상대적으로 싸이클 특성이나 온도 특성은 우수하지만, 전기용량이 적은 에너지 저장장치가 사용된다.

<34> 따라서 제 2 전기에너지 저장장치(20)로 납축전지, 니켈-카드뮴 전지, 니켈-수소전지, 또는 리튬이온 전지 등의 이차전지를 사용하는 경우 상기 제 1 전기에너지 저장장치(10)로는 일반적으로 제 2 전기에너지 저장장치보다 온도 특성 및 싸이클 특성이 우수하지만, 용량이 적은 전기이중층 캐패시터, 금속산화물 의사캐패시터, 또는 하이브리드캐패시터 같은 울트라캐페

시터를 사용할 수 있다. 이외에도, 2 차 전지간의 연결이나 캐패시터간의 연결인 경우, 제 1 전기에너지 저장장치는 온도 특성 및 사이클 특성이 제 2 전기에너지 저장장치(20)에 비하여 우수하면서 용량이 적은 조건을 만족시키면 채용 가능하다.

<35> 본 발명의 전기에너지 저장장치는 상기 제 1 전기에너지 저장장치에 직렬로 연결된 제 2 전기에너지 저장장치(20)를 포함한다.

<36> 상기 제 2 전기에너지 저장장치(20)로는 납축전지, 니켈-카드뮴 전지, 니켈-수소전지, 리튬이온 전지 등과 같은 2 차 전지 또는 전기이중층 캐패시터, 금속산화물 의사캐패시터, 또는 하이브리드캐패시터 같은 울트라캐패시터를 사용할 수 있다. 이 때 제 2 전기에너지 저장장치(20)의 용량은 상기 제 1 전기에너지 저장장치의 전기용량보다 약 4 배 이상이고 약 100 배 이하이며, 온도 특성이나 싸이클 특성은 상기 제 1 전기에너지 저장장치(10)보다 열등하더라도 가격이 저렴한 것이 선택된다. 전기용량 차이가 큰 전기에너지 저장장치를 직렬로 연결함으로써 전압편차의 해결이 용이해지며 온도 특성 및 싸이클 특성이 개선되고 경제적인 측면에서도 우수하다. 여기에서 용량이 큰 제 2 전기에너지 저장장치(20)는 전압버퍼 역할을 하게 된다.

37> 구체적으로, 본 발명의 전기에너지 저장장치의 작용을 살펴보면 다음과 같다.

38> 일반적으로 n개의 캐패시터를 직렬 연결하는 경우 용량은 다음과 같은 (식 1)에 의해 계산된다.

39>

$$\frac{1}{C} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{C_k} \text{ ----- (식 1)}$$

10> 상기 (식 1)에서 C는 캐패시터 용량을 나타낸다.

<41> 이때 직렬로 연결된 캐패시터를 충전하면 각 캐패시터에 인가되는 전압은 하기 (식 2)에 의하여 표시되며, 캐패시터의 용량에 반비례한다.

<42>

$$V = \frac{i \times t}{C} \text{ ----- (식 2)}$$

<43> 상기 (식 2)에서 i 는 전류, t 는 시간, C 는 캐패시터 용량을 나타낸다.

<44> 예를 들어, 용량이 1 F인 캐패시터와 용량이 10 F인 캐패시터를 직렬로 연결하여 11 V로 충전하면 용량이 1 F인 캐패시터에 10 V가 인가되고 용량이 10 F인 캐패시터에 1 V의 전위가 인가되며 전체용량은 0.91F이 된다. 즉 용량차가 크면 클수록 직렬 연결시 전체용량은 용량이 작은 캐패시터에 수렴한다. 일반적으로 캐패시터나 이차전지를 직렬 연결하는데 있어서 전압편차를 줄이기 위해 동일한 종류의 용량이 같은 전기에너지 저장장치를 사용하지만 용량차가 크면 클수록 오히려 직렬 연결이 쉬워지는 측면도 있다. 예를 들어, 용량이 100배 차이인 캐패시터를 직렬로 연결하면 용량이 100배인 캐패시터에 인가전압 전체의 1 %가 인가되고 용량이 작은 캐패시터에 인가전압 전체의 99 %가 인가되기 때문에 전압편차해결이 오히려 쉬워진다.

<45> 온도 특성의 관점에서, 이렇게 용량차가 큰 캐패시터들을 제 1 전기에너지 저장장치(10) 및 제 2 전기에너지 저장장치(20)로 하여 직렬로 연결하면 온도 특성이 개선되는 측면도 기대할 수 있다.

<46> 예를 들어, -25°C 와 상온에서 용량이 1 F으로 동일한 캐패시터와 -25°C 에서의 용량이 상온의 30%인 용량이 10 F인 캐패시터를 직렬로 연결하였을 때 상온에서의 용량은 0.91 F이며 -25°C 에서 용량은 0.75 F으로 용량편차는 17.6%이다.

<47> 그러나 -25°C 와 상온에서 용량이 동일한, 즉 온도 특성이 우수한 1 F 용량의 캐패시터를 제 1 전기에너지 저장장치(10)로 하고, -25°C 에서의 용량이 상온의 30%인, 즉 온도 특성이 열

악한 100 F 캐패시터를 제 2 전기에너지 저장장치(20)로 하여 두 개의 전기에너지 저장장치를 직렬로 연결하였을 때 상온에서의 용량은 0.99 F이며 -25°C 에서 용량은 0.97 F으로 용량편차는 2%에 불과하다. 즉 온도 특성이 열세인 캐패시터와 온도 특성이 우수한 캐패시터를 직렬 연결할 때 온도 특성이 열세인 캐패시터의 용량을 증가시킬수록 온도 특성은 개선된다는 것이다.

<48> 싸이클 특성 관점에서 본 발명의 전기에너지 저장장치를 살펴보면 다음과 같다. 예를 들어, 10,000 싸이클 후 용량감소가 5%인 1 F 캐패시터와 용량감소가 50 %인 10 F 용량의 캐패시터를 직렬 연결하였을 때 초기용량은 0.91 F이며 10,000 싸이클 후 용량은 0.8 F으로 용량저하는 12.1%이다. 그러나 10,000 싸이클 후 용량감소가 5%인, 즉 싸이클 특성이 우수한 용량이 1 F 캐패시터를 제 1 전기에너지 저장장치(10)로 하고, 10,000싸이클 후 용량감소가 50%인 용량이 즉, 싸이클 특성이 열세인 100 F 캐패시터를 제 2 전기에너지 저장장치(20)로 하여 직렬 연결하였을 때 초기용량은 0.99 F이며 10,000 싸이클 후 용량은 0.93 F으로 용량저하는 6.5%에 불과하여, 싸이클 특성의 개선효과를 기대할 수 있다.

<49> 또한 용량차가 크면 클수록 용량이 크고 싸이클 수명이 열세인 제 2 전기에너지 저장장치(20)의 전압변화는 작아지므로 충방전 심도가 작아지게 되어 용량감소율은 더 작아지게 된다. 즉 용량이 큰 제 2 전기에너지 저장장치(20)는 전압버퍼(buffer, booster) 역할을 하게 된다. 이러한 효과는 캐패시터끼리의 직렬 연결뿐만 아니라 캐패시터와 이차전지 또는 서로 다른 종류의 이차전지 직렬 연결에서도 여전히 유효하다. 예를 들어, 캐패시터의 경우 정전류 충방전시 전압변화가 선형적이지만, 이차전지의 경우 공칭전압부근에서 전압변화율이 작고 공칭전압 이상과 이하에서 전압변화율이 큰 비선형적이라는 점의 차이만 있으므로, 용량이 큰 이차전지를 제 2 전기에너지 저장장치(20)로 하고, 용량이 작은 캐패시터를 제 1 전

기에너지 저장장치(10)로 하여 두 개의 전기에너지 저장장치를 직렬로 연결하는 경우 이차전지는 전압변화가 거의 없는 전압 버퍼역할을 하는 셈이다.

<50> 경제성의 측면에서, 이러한 방식의 전기에너지 저장장치는 단지 싸이클 수명과 온도 특성을 증가시키는 역할만 하는 것이 아니라 가격이 싸고 용량이 큰 전기에너지 저장장치를 전압 버퍼로 사용함으로써 전체전압을 증가시킬 수 있고, 따라서 에너지 대비 가격이 우수한 전기에너지 저장장치라고 할 수 있다.

<51> 일반적으로 용량이 동일한 캐패시터를 직렬 연결하면 전압은 상승하지만 용량은 직렬 연결 수에 반비례하여 감소한다. 즉 용량이 동일한 두 개의 캐패시터를 직렬로 연결하면 전압은 2배 상승하고 용량은 절반으로 감소한다.

<52> 그러나 본 발명의 전기에너지 저장장치와 같이 용량이 큰 전기에너지 저장장치와 용량이 작은 전기에너지 저장장치를 직렬로 연결하면 위의 캐패시터를 이용한 계산결과에서 나타나듯이 전체용량은 용량이 작은 전기에너지 저장장치 용량에 근접한다. 즉 용량이 작은 제 1 전기에너지 저장장치(10)의 용량활용률을 높일 수 있고, 제 1 전기에너지 저장장치의 가격이 비쌀 경우 경제적으로도 큰 장점을 가진다.

<53> 또한, 상기 전기에너지 저장장치는 빠른 충방전 속도를 가진다. 일반적으로 이차전지의 단점 중의 하나는 전기에너지를 저장하기 위해 전기화학반응을 이용함에 따라 수반되는 느린 충전속도이며, 특히 저온에서의 충전속도는 상온과 비교하면 더욱 느리다. 납축전지의 경우 충전에 소요되는 시간은 8시간이상이며 빠른 충전을 위해 충전전류를 증가시킬 경우 수명이 단축된다. 그러나 울트라캐패시터 중

에서 특히 전기이중층 캐패시터의 경우 전극에 물리적으로 전기에너지를 저장하기 때문에 빠른 충방전속도 및 높은 동력특성을 나타낸다. 상기 제작된 전기에너지 저장장치의 경우 전체특성이 울트라캐패시터와 유사해지므로 빠른 충방전속도를 나타낸다.

<54> 상기 제 1 전기에너지 저장장치와 제 2 전기에너지 저장장치를 직렬로 연결하는 경우 전체용량이 성능이 우수한 전기에너지 저장장치의 용량의 80%이상이 되도록 하기 위해서는 제2 전기에너지 저장장치의 용량이 제1 전기에너지 저장장치의 적어도 4배 이상이 되어야 한다. 또한 위의 계산에서 나타나듯이 제 2 전기에너지 저장장치의 용량이 제 1 전기에너지 저장장치에 비해 크면 클수록 성능향상의 효과를 기대할 수 있지만 100 배이면 제 1 전기에너지 저장장치 용량의 99%를 활용할 수 있으며 그 이상에서는 용량증가의 효과는 미미해지므로 최대 100 배 정도면 충분하다. 이때 두 가지 저장장치의 용량비는 응용분야별 요구사항에 따라 변할 수 있다.

<55> 이러한 각각의 작용을 보다 구체적으로 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

<56> 캐패시터에서 저장할 수 있는 전기에너지양(E)은 하기 (식 3)으로 표시되는 바와 같이 캐패시터의 용량(C)에 비례하고 전압(V)의 제곱에 비례한다.

<57>

$$E = \frac{1}{2} C V^2 \text{ ----- (식3)}$$

<58> 예를 들면, 정격전압이 2.7 V이고 용량이 5000 F (3.75 Ah/5.06 Wh)인 울트라캐패시터에 저장할 수 있는 전기에너지는 18225 J이다. 그러나 이러한 울트라캐

페시터를 제 1 전기에너지 저장장치(10)로 하고 전압이 12 V이고 용량이 65Ah(780Wh)인 납축전지를 제 2 전기에너지 저장장치(20)로 하여 직렬로 연결하면, 전체용량은 울트라캐패시터 용량의 94.5%인 3.545Ah이며 납축전지의 용량이 울트라캐패시터의 17.3배에 이르므로 충방전시 납축전지의 전압은 크게 변하지 않고 대부분의 전압변화는 울트라캐패시터에서 나타나게 된다. 따라서 캐패시터와 축전지를 직렬 연결하였음에도 불구하고 전체적인 충방전특성은 캐패시터특성을 나타내고, 전체용량이 울트라캐패시터 용량의 94.5%인 4727F인 캐패시터의 역할을 하게 된다. 즉 이렇게 울트라캐패시터와 납축전지를 직렬 연결하고 납축전지의 전압 12 V에 울트라캐패시터 정격전압 2.7 V를 더한 14.7 V까지 충전하고 12 V까지 방전하면 동작전압이 14.7 V이고 용량이 4727 F인 캐패시터가 되는 셈이다.

<59> 따라서 상기 직렬 연결 전기에너지 저장장치는 용량이 4727 F이고 사용전압구간이 12.0 ~ 14.7 V인 전기에너지 저장장치이며, 전압이 12 ~ 14.7 V 구간에서 방전되는 전기에너지는 상기 (식 3)에 의하면, 170,385J(47.3Wh)이다. 즉 울트라캐패시터를 단독으로 사용하는 경우보다 본 발명과 같이 납축전지와 울트라캐패시터를 직렬로 연결하여 사용하면, 9.4배에 해당되는 전기에너지를 얻을 수 있다.

<60> 동작전압이 2.7 V이고 용량이 5000 F인 울트라캐패시터 5개를 직렬로 연결하였을 때 동작전압이 13.5V이고 용량이 1000F인 것을 감안하면 납축전지와 울트라캐패시터의 직렬 연결이 매우 효과적임을 알 수 있다.

<61> 위에서처럼 울트라캐패시터와 납축전지를 직렬 연결하여 전기에너지 저장장치를 구성하면 울트라캐패시터만으로 50 Wh 용량의 전기에너지 저장장치를 구성하는데 비해 가격이 15%에 불과하다. 울트라캐패시터 입장에서 보면 가격이 싸고 용량이 큰 납축전지가 직렬로 연결됨에 따라 동작전압이 2.7 V ~ 0 V에서 14.7 V ~ 12.0 V로 12 V만큼 증가한 셈이며 이 때 납축전지

가 전압버퍼로 작용하는 셈이다. 물론 납축전지만을 사용하여 전기에너지 저장장치를 구성하는데 소요되는 비용에 비해서는 가격이 비싸지만 납축전지만을 사용하는 경우에 비해 싸이클 수명과 저온특성을 향상시켜 온도에 관계없이 시스템의 원활한 동작을 보장하고 전기에너지 저장장치의 수명을 연장시킴으로써 유지보수비용을 절감시키는 효과를 가진다. 특히 전기에너지 저장장치가 도로, 바다, 산과 같이 야외에 설치되는 경우 유지보수비용은 납축전지값을 훨씬 상회한다.

<62> 본 발명의 전기에너지 저장장치는 제 1 전기에너지 저장장치(10)의 양단에 연결된 과전압 방지장치(30)를 더 포함하거나 제 2 전기에너지 저장장치 양단에 과방전방지장치(미도시)를 더 포함할 수 있다.

<63> 과전압방지장치는 제 1 전기에너지 저장장치 양단에 제너다이오드(Zener diode)를 역방향으로 연결하거나 션트 레귤레이터(shunt regulator)를 연결하여 사용할 수도 있고, 도 4와 같이 설정전압과 인가전압을 비교하는 전압비교기(32), 상기 전압비교기에서의 전압비교결과 인가전압이 설정전압을 초과하는 경우 통전시키는 스위치(34), 및 상기 스위치가 통전되는 경우 상기 제 1 전기에너지 저장장치를 방전시키는 브리드 저항(36)으로 구성된 과전압방지회로 등을 사용할 수 있다.

<64> 용량이 작은 전기에너지 저장장치인 제 1 전기에너지 저장장치(10)와 용량이 큰 전기에너지 저장장치인 제 2 전기에너지 저장장치(20)를 직렬로 연결하여 전원모듈을 구성하는데 있어서, 제 2 전기에너지 저장장치가 이차전지인 경우 자가방전과 충방전과정에서 100 %미만인 충방전효율로 인하여 제 2 전기에너지 저장장치의 전압은 점진적으로 강하하며, 직렬 연결된 전원모듈의 충전전압을 일정하게 유지하면 제 2 전기에너지 저장장치의 전압이 강하한 만큼 충전시 제 1 전기에너지 저장장치(10)에 인가되는 전압이 증가하게 된다.

- <65> 이러한 거동으로 인하여 결국 제 1 전기에너지 저장장치(10)에 정격전압을 초과하는 전압이 인가되고 이는 전기에너지 저장장치의 열화를 가속시켜 전기에너지 저장장치의 수명을 단축시킨다. 또한 이차전지의 경우 허용된 범위내의 전압을 유지하면 비교적 긴 수명을 나타내지만 허용전압 이하로 과방전되면 수명이 짧아지고 심한 경우 이차전지로서 기능을 상실하게 된다.
- <66> 따라서 제 1 전기에너지 저장장치(10)와 제 2 전기에너지 저장장치(20)가 적절한 전압구간 내에서 동작하도록 함으로서 직렬 연결된 전원모듈의 수명을 증가시킬 수 있다. 이를 위해서는 제 2 전기에너지 저장장치가 이차전지인 경우 특정전압이하로 방전되면 이차전지를 충전하거나, 제 1 전기에너지 저장장치에 일정전압이상이 인가되면 용량이 작은 전기에너지 저장장치를 방전시키는 기능이 필요하다.
- <67> 상기 과전압방지장치에서 제너다이오드를 사용하는 것은 제너다이오드에 역방향전압이 인가되면 항복(breakdown)전압까지는 거의 전류가 흐르지 않다가 항복전압에 도달하면 전류가 흐르는 특성을 이용하는 방법으로, 제 1 전기에너지 저장장치의 설정전압과 동일한 항복전압을 갖는 제너다이오드를 사용하면 제 1 전기에너지 저장장치가 설정전압 이상으로 충전되는 것을 방지할 수 있다.
- <68> 과전압 방지장치로 사용될 수 있는 셉트 레귤레이터는 전자기기에서 정전압 공급장치로 사용되는 것으로 셉트 레귤레이터에 일정전압이상이 인가될 때 전류가 흐르는 특성을 이용한 것이다. 따라서 셉트 레귤레이터의 입력단에 제 1 전기에너지 저장장치를 연결한 경우, 제 1 전기에너지 저장장치가 설정전압 이상으로 충전되면 셉트 레귤레이터에 전류가 흐르기 시작하므로 제 1 전기에너지 저장장치는 설정전압 이하로 방전된다.

<69> 또한, 도 4에 도시한 과전압 방지회로(30)는 상기 제너다이오드 또는 셉트 레귤레이터와 유사한 기능을 수행하는 것으로, 제 1 전기에너지 저장장치(10)에 설정된 전압이상이 인가되면 전압비교기(32)가 이를 검출하여 브리드저항에 직렬로 연결된 스위치(34)를 통전시켜 브리드 저항(36)을 통해 전기에너지 저장장치가 방전되고 전기에너지 저장장치가 설정전압 이하 방전되면 스위치가 차단되어 전기에너지 저장장치가 설정전압이상으로 충전되는 것을 방지한다.

<70> 예를 들어, 납축전지(2.5Ah/2.0V)와 울트라캐패시터(100F/2.7V/0.075Ah)를 직렬 연결하고 울트라캐패시터에 설정전압이 2.7 V인 보호회로를 부착하여 전원모듈을 구성하여 2.2 ~ 4.7 V 영역에서 사용하는 경우 전원모듈에 4.7 V의 전압을 인가하면 납축전지가 2.0 V이하로 방전되어 있을 경우 울트라캐패시터에 2.7 V이상이 인가되므로 울트라캐패시터 보호회로가 동작하여 울트라캐패시터 전압이 2.7 V이하로 방전되면서 납축전지가 2.0 V이상으로 충전되므로 납축전지와 울트라캐패시터를 동시에 보호할 수 있다.

<71> 또한 직렬연결된 전기에너지 저장장치를 적절하게 동작시키기 위해 제 2 전기에너지 저장장치 양단에 과방전 방지장치(미도시)를 부착할 수도 있다. 전술한 바와 같이 자가방전 및 100%미만의 충방전효율로 인하여 제 2 전기에너지 저장장치의 전압이 설정전압 이하로 강하하는 것을 방지하기 위해 제 2 전기에너지 저장장치의 전압이 설정전압 이하로 방전되면 이를 설정전압 이상으로 다시 충전하는 과방전 방지장치를 사용함으로써 결국은 상기 과전압방지장치(30)와 동일한 효과를 얻을 수 있다.

<72> 또한 본 발명은 상기 전기에너지 저장장치의 충방전방법을 제공한다.

<73> 상기 전기에너지 저장장치의 충방전방법은 우선 전기에너지 저장장치를 제 1 전기에너지 저장장치(10)의 동작전압 및 제 2 전기에너지 저장장치의 공칭전압의 전압합까지 충전한 후, 상기

전기에너지 저장장치에서 제 1 전기에너지 저장장치(10)를 0 V 이하로 방전시킴으로써 실시된다.

- <74> 통상적으로, 울트라캐패시터의 사용가능한 전압구간은 0 V부터 정격전압까지이지만, 정전력 방전시 전압이 낮아질수록 전류가 기하급수적으로 증가하는 특성으로 인하여 실제 사용가능한 전압영역은 정격전압의 1/2부터 정격전압까지이다. 그러나 울트라캐패시터와 이차전지를 직렬로 연결하여 사용하는 경우 울트라캐패시터를 0 V이하까지도 사용할 수 있다.
- <75> 예를 들어, 울트라캐패시터(100 F/2.7 V, 75mAh)만을 사용할 경우 실용적으로 사용가능한 구간은 일반적으로 1.35 ~ 2.7 V이고, 사용할 수 있는 전기에너지는 $1/2 \times 100 \times (2.7^2 - 1.35^2) = 273.4$ J이지만, 울트라캐패시터(100 F/2.7 V)와 리튬이차전지(3.7V, 1100 mAh)를 직렬로 연결한 전원모듈을 6.4 V까지 충전한 후 3.7 V까지 방전시키면 이때 전체용량은 93.6F이며 대부분의 전압변화는 울트라캐패시터에서 발생된다. 이때 방전된 전기에너지는 $1/2 \times 93.6 \times (6.4^2 - 3.7^2) = 1276$ J이다.
- <76> 한편 본 발명의 충방전 방법에 따라 전원모듈을 6.4 V까지 충전한 후 3.0V까지 방전할 때 방전된 에너지는 $1/2 \times 93.6 \times (6.4^2 - 3.0^2) = 1496$ J이다. 이것은 울트라캐패시터의 5.5배에 이르는 양이다. 즉 울트라캐패시터의 동작전압구간이 넓어짐에 따라 전체 전원모듈의 동작전압구간이 넓어지고, 따라서 사용할 수 있는 에너지량을 증가시킬 수 있는 것이다.
- <77> 직렬 연결된 전원모듈을 3 W로 정전력방전하는 경우 전압이 6.4 V인 방전초기에는 0.47A의 전류가 흐르지만 전압이 3 V인 방전종료전압에서는 1A가 흐른다. 만약 정격전압이 2.7V인 울트라캐패시터를 2.7 V부터 -0.7 V까지 3 W로 정전력방전하면 초기에는 1.1A가 흐르지만 전압이 0V에 가까워짐에 따라 전류가 무한대가 되기 때문에 전압이 0V인 부분은 실제사용이 곤란하다. 그리고 대부분의 실제상황에서는 정전력 방전이 사용된다.

- <78> 또 다른 예로서, 12 V/65 Ah 납축전지와 5000 F/2.7V 울트라캐패시터를 직렬 연결하여 전원모듈을 구성하고 전원모듈을 14.7 V까지 충전한 후 납축전지의 공칭전압인 12 V까지 방전하면 이때 방전된 에너지는 $1/2 \times 4727 \times (14.7^2 - 12^2) = 170,385 \text{ J}$ (47.3Wh)이다.
- <79> 그러나 본 발명의 충방전 방법과 같이, 전원모듈을 14.7 V까지 충전한 후 9.3 V까지 방전하면 즉 울트라캐패시터를 2.7 V부터 -2.7 V까지 사용하면 이때 방전된 에너지는 $1/2 \times 4727 \times (14.7^2 - 9.3^2) = 306,310 \text{ J}$ (85 Wh)이며 이는 12 V까지 방전하는 경우에 비해 방전에너지가 1.8배에 이른다. 이는 울트라캐패시터만을 사용하는 경우에는 구현하기 어려우며 울트라캐패시터와 직렬 연결된 이차전지가 전압부스터 역할을 하기 때문에 가능하다.
- <80> 상술한 제 1 전기에너지 저장장치로는 전기이중층 캐패시터를, 제 2 전기에너지 저장장치로는 납축전지, 니켈-카드뮴(Ni-Cd) 전지, 니켈-수소전지, 또는 리튬이온 전지를 사용하는 것이 바람직하다. 또한 충방전이 실시되는 전기에너지 저장장치는 상기 과전압 또는 과방전 방지장치를 더 포함하는 것이 바람직하다.
- <81> 울트라캐패시터와 이차전지가 직렬로 연결된 전원모듈에서 용량이 작은 전기에너지 저장장치를 0 V이하까지 사용하여 울트라캐패시터의 전압변화폭을 확대하기 위해서는 울트라캐패시터에 역전압이 인가될 때 전기화학적 안정성여부가 관건이며, 따라서 전기화학반응을 사용하는 이차전지는 적당하지 않고, 울트라캐패시터 중에서도 전기에너지를 물리적으로 저장하는 전기이중층 캐패시터의 경우에 가능하다. 그런데 현재 생산되고 있는 전기이중층 캐패시터 계열의 울트라캐패시터의 역전위 가능영역은 -0.7 ~ -1.0 V이므로, 현재 상품화된 전기이중층 캐패시터의 동작가능한 전압영역은 -1.0 ~ 2.7 V이다.
- <82> 이하에서는, 본 발명의 일실시예를 통하여 본 발명을 보다 자세히 설명하기로 한다.

<83> [실시예 1]

<84> 전기에너지 저장장치의 제작

<85> 용량이 2.5Ah, 공칭전압이 2.0 V인 납축전지를 제 2 전기에너지 저장장치로, 용량이 105.4 F이고 정격전압이 2.7 V인 전기이중층 캐패시터를 제 1 전기에너지 저장장치로 선택하고, 상기 납축전지 및 상기 전기이중층 캐패시터를 직렬로 연결하여 전기에너지 저장장치를 제작하였다.

<86> 충방전 특성

<87> 상기 제작된 전기에너지 저장장치를 납축전지의 공칭전압인 2.0 V에 전기이중층 캐패시터의 정격전압인 2.7 V를 더한 값인 4.7 V까지 3A로 정전류 충전 후 4.7V에서 30 분 동안 정전압 충전을 실시한 후 2.2 V까지 1A로 정전류 방전시킨 후 그 결과를 도 5에 나타내었다.

<88> 도 5를 참조하면, 충방전시 대부분의 전압변화는 울트라캐패시터에서 일어나고 납축전지의 전압변화는 작기 때문에, 상기 제작된 전기에너지 저장장치의 충방전특성은 캐패시터와 같이 선형적인 특성을 나타내었다. 또한, 울트라캐패시터를 단독으로 사용하는 경우 용량이 105.4 F인데 비해 납축전지와 울트라캐패시터를 직렬 연결하여 제작한 에너지 저장장치의 경우 용량은 102.3 F이었다. 이는 (식 1)에 의해 계산된 이론값인 102.2 F과 큰 차이가 없음을 확인할 수 있었고, 이에 의하면 (식 1)이 캐패시터뿐만 아니라 캐패시터와 축전지가 조합된 경우에도 여전히 유효함을 알 수 있었다.

<89> 실제 실험에서 사용된 울트라캐패시터의 용량은 105.4F이며 이를 납축전지와 직렬 연결하였을 때 용량은 102.3 F이지만 그 차이는 3%에 불과하여, 계산의 편의상 용량을 100 F으로

사용하더라도 발명의 효과를 충분히 증명할 수 있으므로, 이하에서는 울트라 캐패시터와 울트라캐패시터와 납축전지가 직렬 연결된 전기에너지 저장장치의 용량을 100 F으로 계산하였다.

<90> 또한, 도 5에 나타난 바와 같이 상기 제작된 전기에너지 저장장치를 3 A로 충전시키는 것은 40 C(1C; X-Ah 용량의 전기에너지 저장장치를 X-A로 충방전)에 해당되는 것이다. 이는 이차전지입장에서 보면 매우 높은 충방전속도에 해당되는 것이었다.

<91> 전기에너지

<92> 울트라캐패시터(100F/2.7V)에 저장할 수 있는 전기에너지는 $1/2 \times 100 \times 2.7^2 = 364.5$ J(0.1Wh)이지만 일반적으로 시스템에 사용되는 부품들의 동작전압과 정전력방전시 전압이 감소함에 따라 전류가 증가하는 특성 때문에 실용적으로 동작가능한 전압구간은 정격전압부터 정격전압의 절반 정도까지이므로 이용할 수 있는 전기에너지는 $1/2 \times 100 \times (2.7^2 - 1.35^2) = 273.4$ J (0.076 Wh)이다.

<93> 한편 상기 제작된 전기에너지 저장장치의 경우 2.2 V ~ 4.7 V 구간에서 사용되면 이용할 수 있는 전기에너지는 $1/2 \times 100 \times (4.7^2 - 2.2^2) = 862.5$ J(0.24Wh)이었다. 이는 울트라캐패시터(100F/2.7V)만을 사용하는 경우에 비해 3.2배에 이르는 양이다.

<94> 온도 특성

<95> 상기 제작된 전기에너지 저장장치를 25℃, 0℃, 및 -25℃ 에서 각각 4.7 V까지 0.1 A로 정전류 충전하고, 4.7 V에서 1 시간 동안 정전압 충전을 실시한 후 2.2 V까지 0.1 A로 정전류방전을 실시하였다. 상기 과정에서 각 온도별 용량을 측정하여 그 결과를 도 6에 나타내었다.

<96> 도 6을 참조하면, 25℃, 0℃, 및 -25℃일 때 용량변화는 각각 103.8 F, 101.9 F, 및 97.2 F 이었고, 이를 근거로 계산하면, -25℃ 일 때의 용량이 25℃ 일 때의 용량의 93.6%로서 용량 편차는 6.4 %에 불과하였다.

<97> 즉, 온도 특성이 열세이고 용량이 큰 전기에너지 저장장치인 납축전지와 온도 특성이 우수하고 상대적으로 용량이 작은 전기에너지 저장장치인 전기이중층 캐패시터를 직렬 연결한 전기에너지 저장장치의 경우 온도에 따른 특성 변화가 미미한 것을 이론적으로 확인한 것처럼 실험적으로도 확인할 수 있었다.

<98> 싸이클 특성

<99> 상기 제작된 전기에너지 저장장치를 4.7 V까지 3A (40C)로 정전류 충전하고, 4.7 V에서 1 분 동안 정전압 충전을 실시한 후, 2.2 V까지 3 A(40C)로 정전류 방전 후 1분 동안 휴지기를 두는 것을 1회 싸이클로 하는 연속 싸이클 시험을 실시하였고, 그 결과를 도 7에 도시하였다.

<100> 도 7에서 싸이클에 따른 용량감소를 살펴보면, 초기에 102.3 F, 500싸이클 후에는 99.5 F, 1000 싸이클 후에는 98.4 F이었고, 2000 싸이클 경과 후에는 97.7 F이었다. 이를 초기 전기용량에 대한 백분율로 나타내면, 500 싸이클일 때 97.3%, 1,000 싸이클일 때 96.2%이었고, 2,000 싸이클일 때 95.5%이었다.

<101> 즉 2,000 싸이클을 인가한 후 용량감소는 초기치의 4.5 %에 불과하여, 싸이클 수명이 우수하고 용량이 작은 전기에너지 저장장치인 울트라캐패시터를 제 1 전기에너지 저장장치로, 싸이클 수명이 열세이고 상대적으로 용량이 큰 전기에너지 저장장치인 납축전지를 제 2 전기에너지

지 저장장치로 사용하여 직렬 연결한 전기에너지 저장장치의 사이클 수명은 크게 개선됨을 이론적으로는 물론 실험적으로도 알 수 있었다.

<102> [실시에 2]

<103> 전기에너지 저장장치의 제작

<104> 공칭전압이 3.7 V이고, 용량이 1100 mAh인 리튬이온이차전지와 100 F/2.7 V인 전기이중층 캐패시터를 직렬 연결하여 전원모듈을 구성하였다.

<105> 충방전 실험

<106> 상기 제작된 전기에너지 저장장치에 리튬이온이차전지의 공칭전압 3.7 V와 울트라캐패시터의 동작전압 2.7 V를 더한 값인 6.4 V까지 1A로 정전류 충전하고 6.4V에서 30분동안 정전압 충전을 실시한 후 0.1A로 3.0 V까지 정전류방전하였고, 시간에 따른 전압변화를 도 8에 도시하였다.

<107> 도 8을 참조하면, 전원모듈의 충방전특성이 캐패시터특성을 나타내고 있으며, 전원모듈을 6.4 V로 충전시 울트라캐패시터의 전압은 2.627 V이며 전원모듈을 3.0 V로 방전시 울트라캐패시터의 전압은 -0.666 V이었다. 이때 전기이중층 캐패시터의 전압변화폭은 3.293 V로 전기이중층 캐패시터만을 단독으로 사용할 때 최대전압변화폭인 2.7 V에 비해 전압변화폭을 증가시킬 수 있음을 알 수 있었다.

<108> 리튬이온이차전지와 울트라캐패시터(100F/2.7V)를 직렬 연결한 전기에너지 저장장치의 최대전압은 리튬이온전지의 최대충전전압인 4.2 V에 울트라캐패시터의 정격전압 2.7V를 더한 6.9 V이며 본 실험에서 사용된 리튬이온전지(1100mAh)와 울트라캐패시터(100F/2.7V)를 직렬 연결한 전원모듈의 전체중량이 53 g이므로 본 실험에서 사용된 전원모듈(110.2F)의 에너지밀도는

13.75 Wh/kg에 이르며 이는 현재 상품화된 울트라캐패시터중 가장 우수한 제품이 에너지밀도가 6.0 Wh/kg정도인 것을 감안하면 에너지밀도를 증가시키는 방법인 것을 알 수 있었다.

【발명의 효과】

- <109> 본 발명에 의하면, 싸이클 수명이 우수한 전기에너지 저장장치의 충방전심도를 크게 하고 용량이 크지만 싸이클 수명이 열세인 전기에너지 저장장치의 충방전심도를 작게하여 용량이 큰 전기에너지 저장장치를 전압버퍼로 사용함으로써, 전기에너지 저장장치의 싸이클 수명과 온도 특성을 향상시킬 수 있다. 따라서 수명을 연장시킬 수 있고, 온도에 관계없이 시스템의 원활한 동작이 가능하며, 동시에 용량 또는 에너지 대비 가격이 저렴한 경제적인 전기에너지 저장장치를 제공할 수 있는 효과를 갖는다. 또한, 이러한 에너지 저장장치를 산, 바다 등 유지보수가 용이하지 않은 야외에서의 전원으로 사용하는 경우 유지보수 비용을 대폭절감하고, 안정적인 전원제공의 효과를 얻을 수 있다.
- <110> 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

제 1 전기에너지 저장장치; 및

전기용량이 상기 제 1 전기에너지 저장장치 전기 용량의 4 내지 100 배이고, 상기 제 1 전기 에너지 저장장치에 직렬로 연결되어 있는 제 2 전기에너지 저장장치를 포함하는 전기에너지 저장장치.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 전기에너지 저장장치 및 제 2 전기에너지 저장장치가 각각 2 차 전지인 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치.

【청구항 3】

제 2 항에 있어서, 상기 2 차 전지가 납축전지, 니켈-카드뮴(Ni-Cd) 전지, 니켈-수소전지, 또는 리튬이온 전지인 것을 특징으로 전기에너지 저장장치.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 전기에너지 저장장치가 캐패시터이고, 상기 제 2 전기에너지 저장장치가 2 차 전지인 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치.

【청구항 5】

제 4 항에 있어서, 상기 2차 전지는 납축전지, 니켈-카드뮴(Ni-Cd) 전지, 니켈-수소전지, 또는 리튬이온 전지이고, 상기 캐패시터는 전기 이중층 캐패시터, 금속산화물 의사캐패시터, 또는 하이브리드 캐패시터인 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치.

【청구항 6】

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 전기에너지 저장장치 및 상기 제 2 전기에너지 저장장치가 각각 캐패시터인 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치.

【청구항 7】

제 6 항에 있어서, 상기 캐패시터가 전기이중층 캐패시터, 금속산화물 의사캐패시터 또는 하이브리드 캐패시터인 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치.

【청구항 8】

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 전기에너지 저장장치의 양단에 연결되어 있는 과전압 방지장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치.

【청구항 9】

제 8 항에 있어서, 상기 과전압 방지장치가 설정전압과 인가전압을 비교하는 전압비교기, 상기 전압비교기에서의 전압비교결과 인가전압이 설정전압을 초과하는 경우 통전시키는 스위치, 및 상기 스위치가 통전되는 경우 상기 제 1 전기에너지 저장장치를 방전시키는 브리드 저항을 포함하는 과전압 방지회로인 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치.

【청구항 10】

제 8 항에 있어서, 상기 과전압 방지장치가 제너다이오드인 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치.

【청구항 11】

제 8 항에 있어서, 상기 과전압 방지장치가 셉트 레귤레이터인 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치.

【청구항 12】

제 1 항에 있어서, 상기 제 2 전기에너지 저장장치의 양단에 연결되어 있는 과방전 방지 장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치.

【청구항 13】

제 1 전기에너지 저장장치, 및 전기용량이 상기 제 1 전기에너지 저장장치 전기 용량의 4 내지 100 배이고, 상기 제 1 전기에너지 저장장치에 직렬로 연결되어 있는 제 2 전기에너지 저장 장치를 포함하는 전기에너지 저장장치의 충방전 방법에 있어서, 상기 제 1 전기에너지 저장 장치를 0V 이하까지 방전시키는 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치의 충방전 방법.

【청구항 14】

제 13 항에 있어서, 상기 제 1 전기에너지 저장장치는 전기이중층 캐패시터이고, 상기 제 2 전기에너지 저장장치는 납축전지, 니켈-카드뮴(Ni-Cd) 전지, 니켈-수소전지, 또는 리튬이온 전 지인 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치의 충방전 방법.

【청구항 15】

제 13 항에 있어서, 상기 제 1 전기에너지 저장장치의 양단에 연결된 과전압 방지장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치의 충방전 방법.

【청구항 16】

제 15 항에 있어서, 상기 과전압 방지장치가 설정전압과 인가전압을 비교하는 전압비교기, 상 기 전압비교기에서의 전압비교결과 인가전압이 설정전압을 초과하는 경우 통전시키는 스위치, 및 상기 스위치가 통전되는 경우 상기 제 1 전기에너지 저장장치를 방전시키는 브리드 저항을 포함하는 과전압 방지회로인 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치의 충방전 방법.

【청구항 17】

제 15 항에 있어서, 상기 과전압 방지장치가 제너다이오드인 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치의 충방전 방법.

【청구항 18】

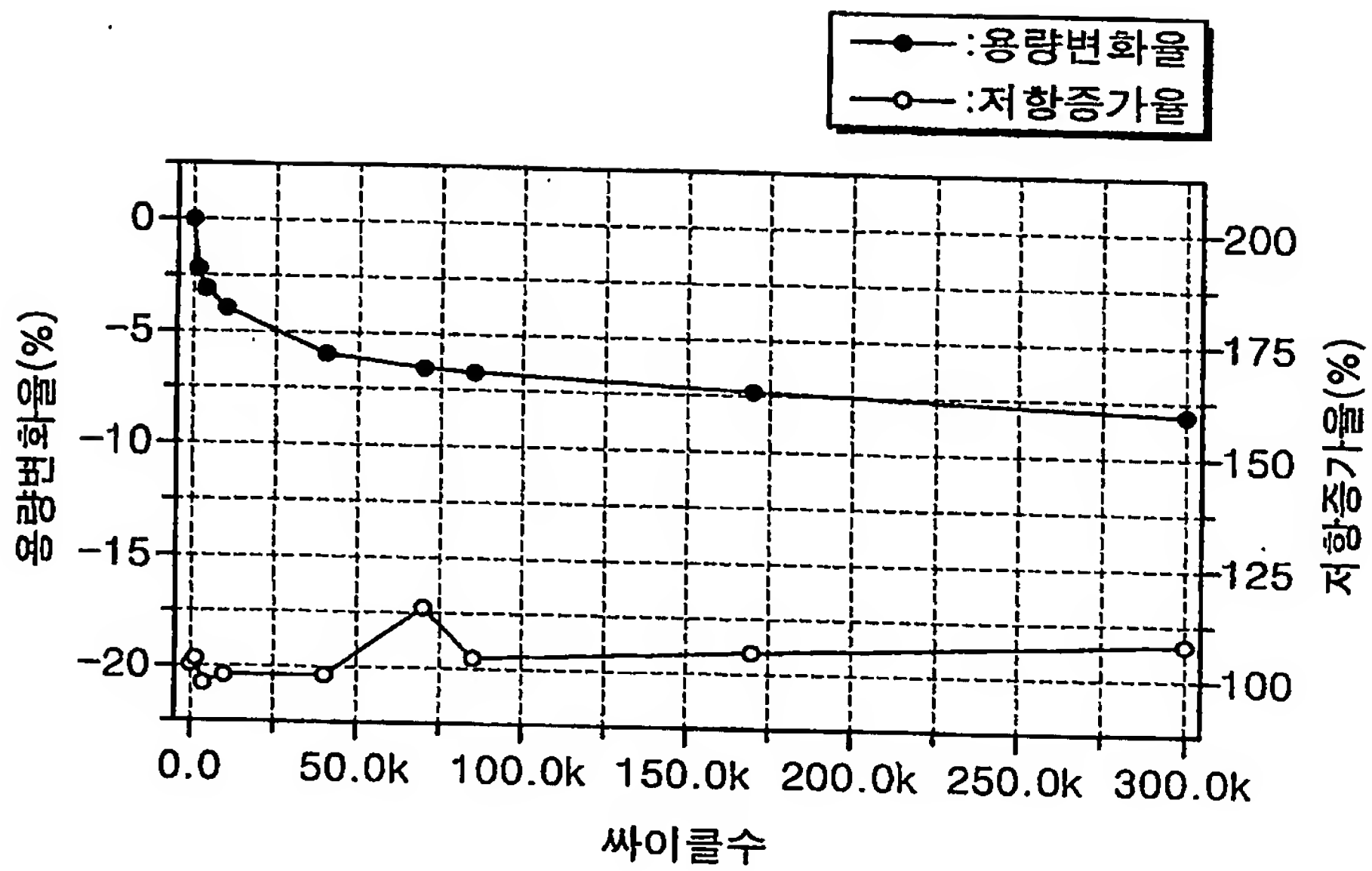
제 15 항에 있어서, 상기 과전압 방지장치가 셉트 레귤레이터인 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치의 충방전 방법.

【청구항 19】

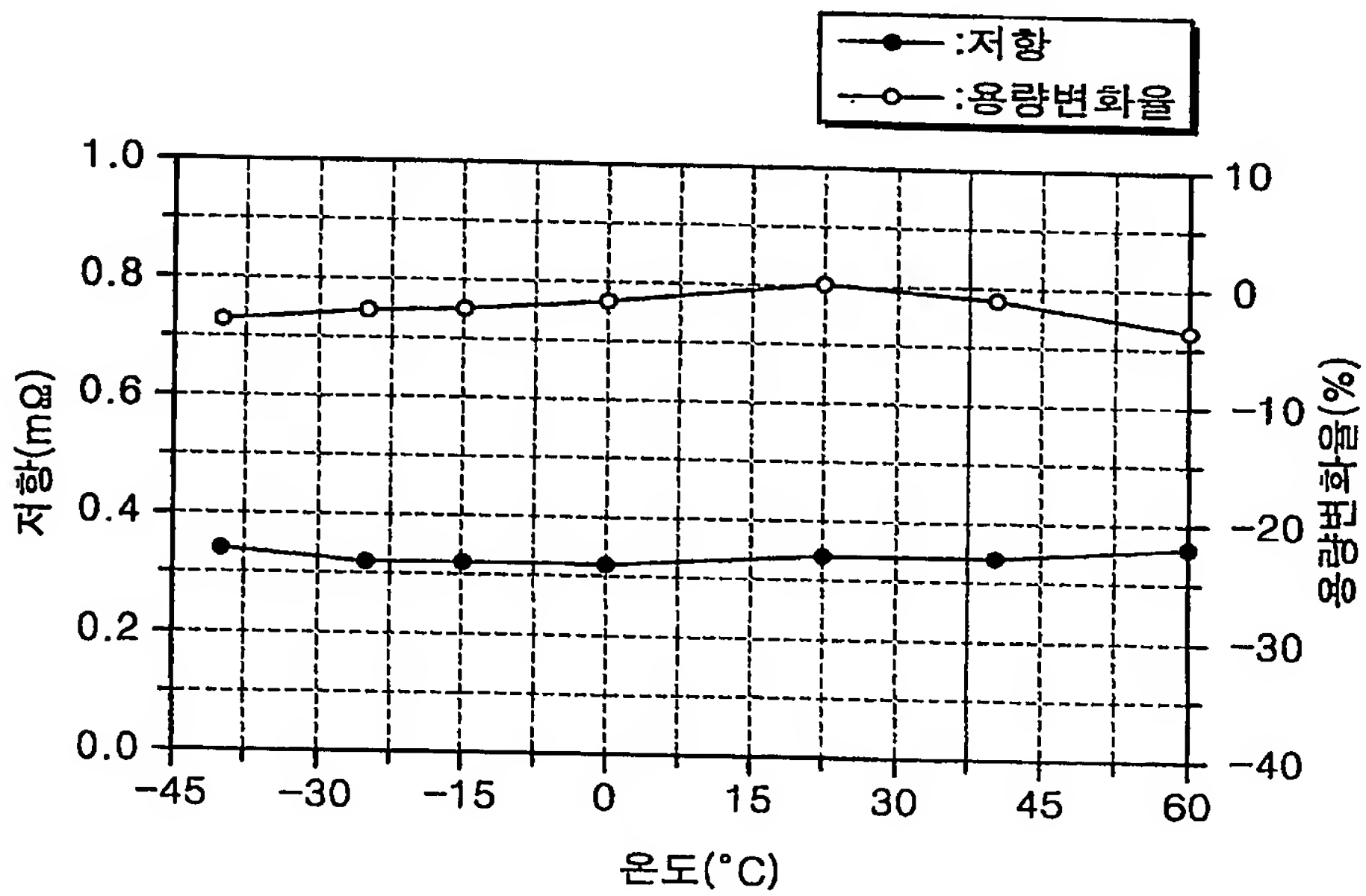
제 13 항에 있어서, 상기 제 2 전기에너지 저장장치의 양단에 연결된 과방전 방지장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전기에너지 저장장치의 충방전 방법.

【도면】

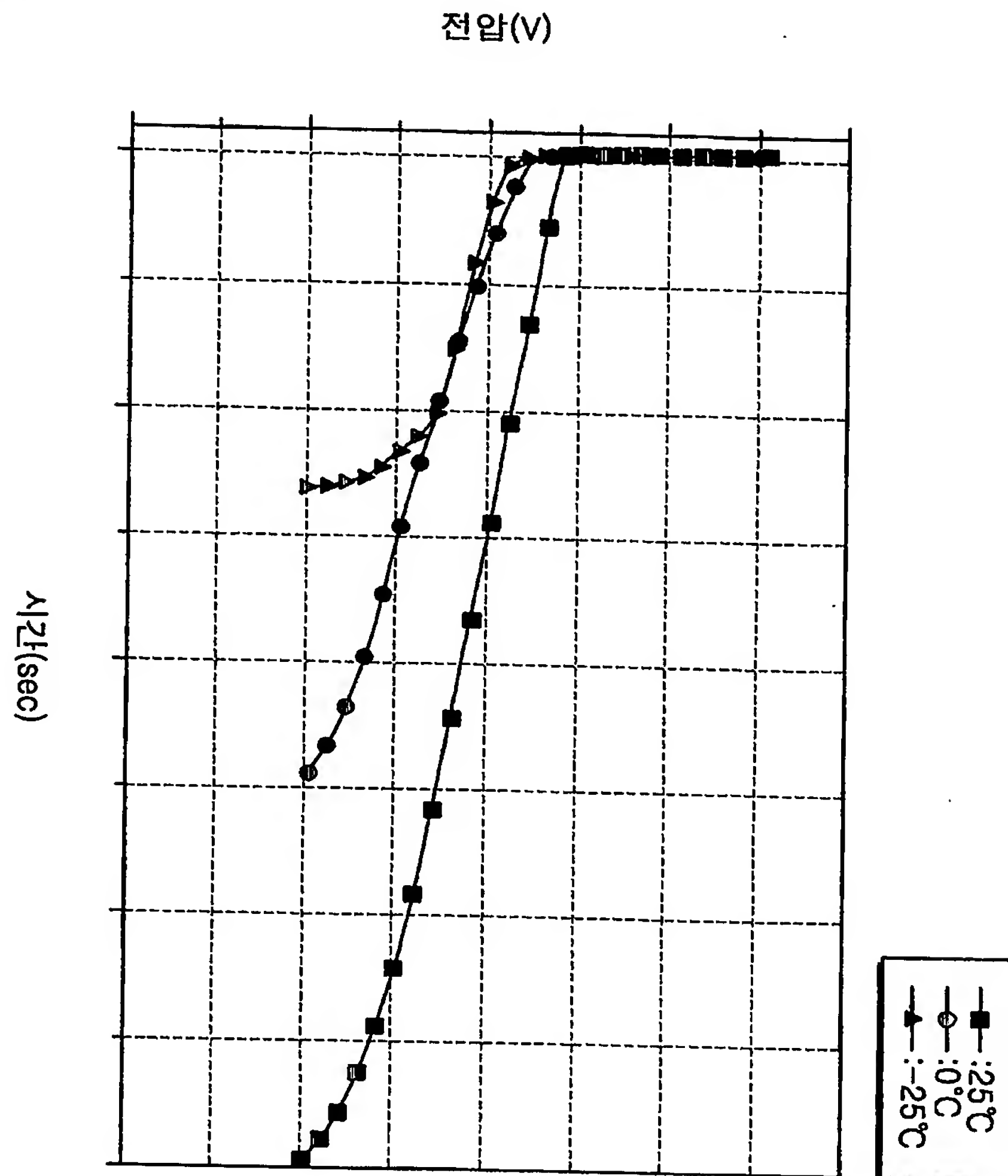
【도 1】



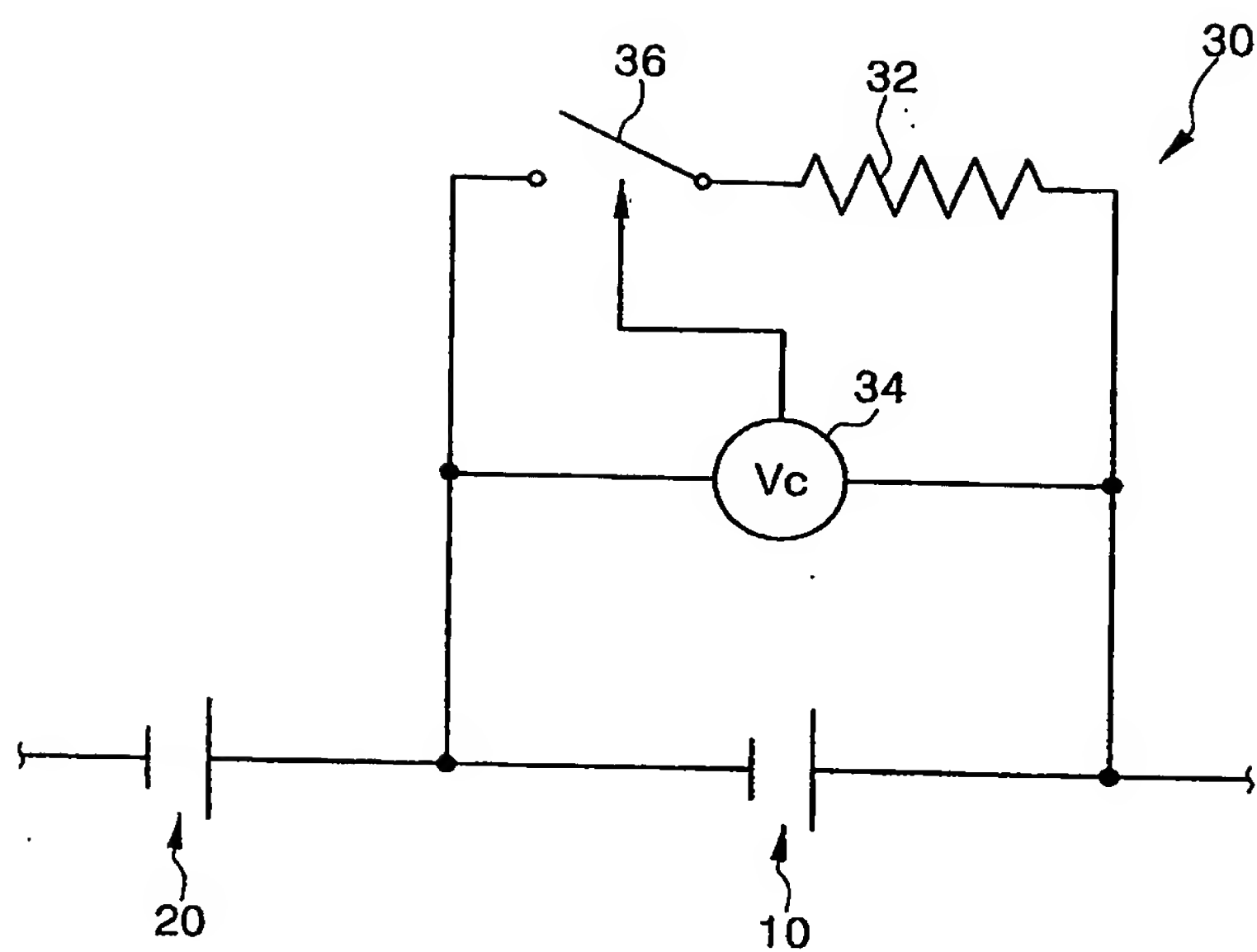
【도 2】



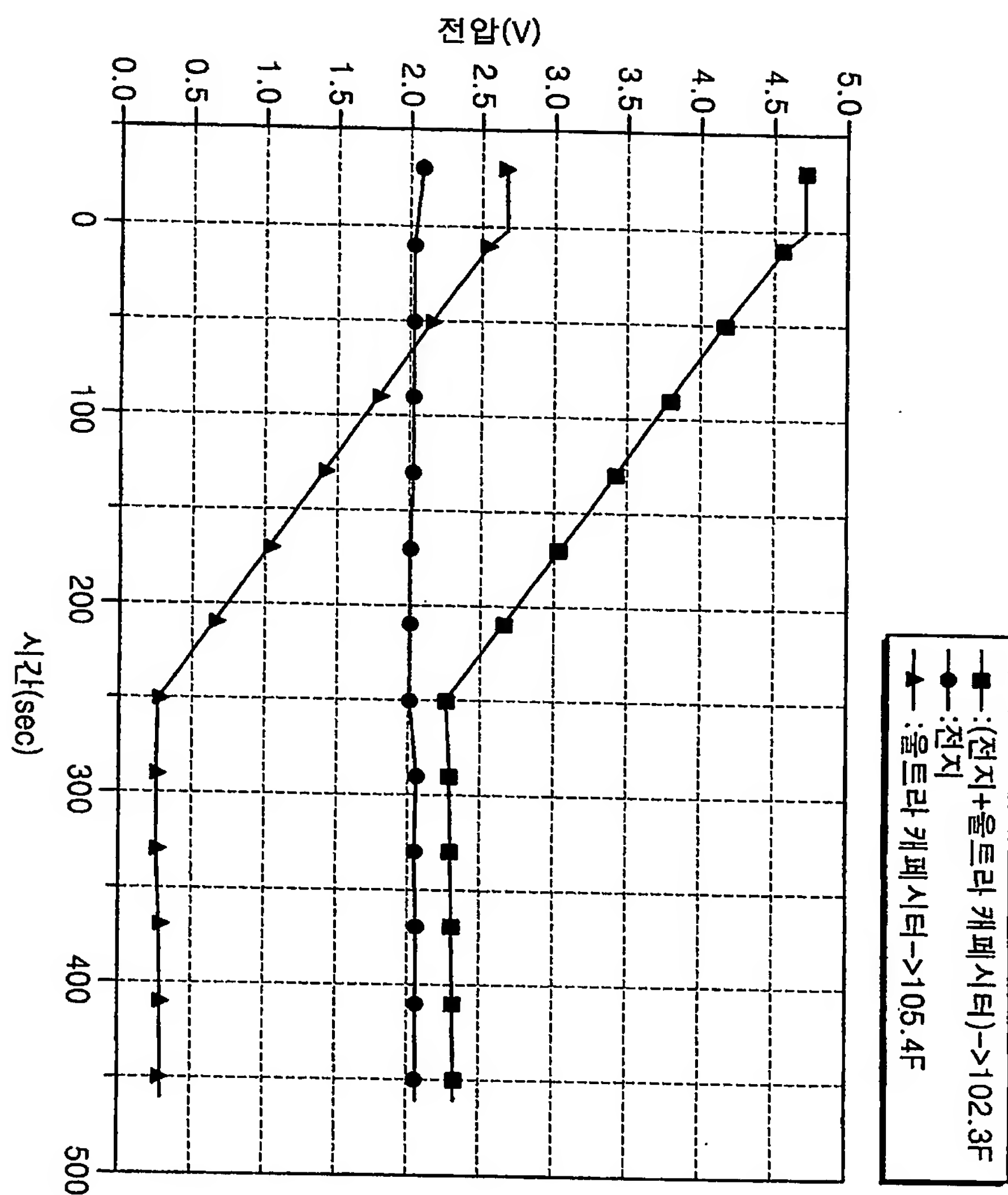
【도 3】



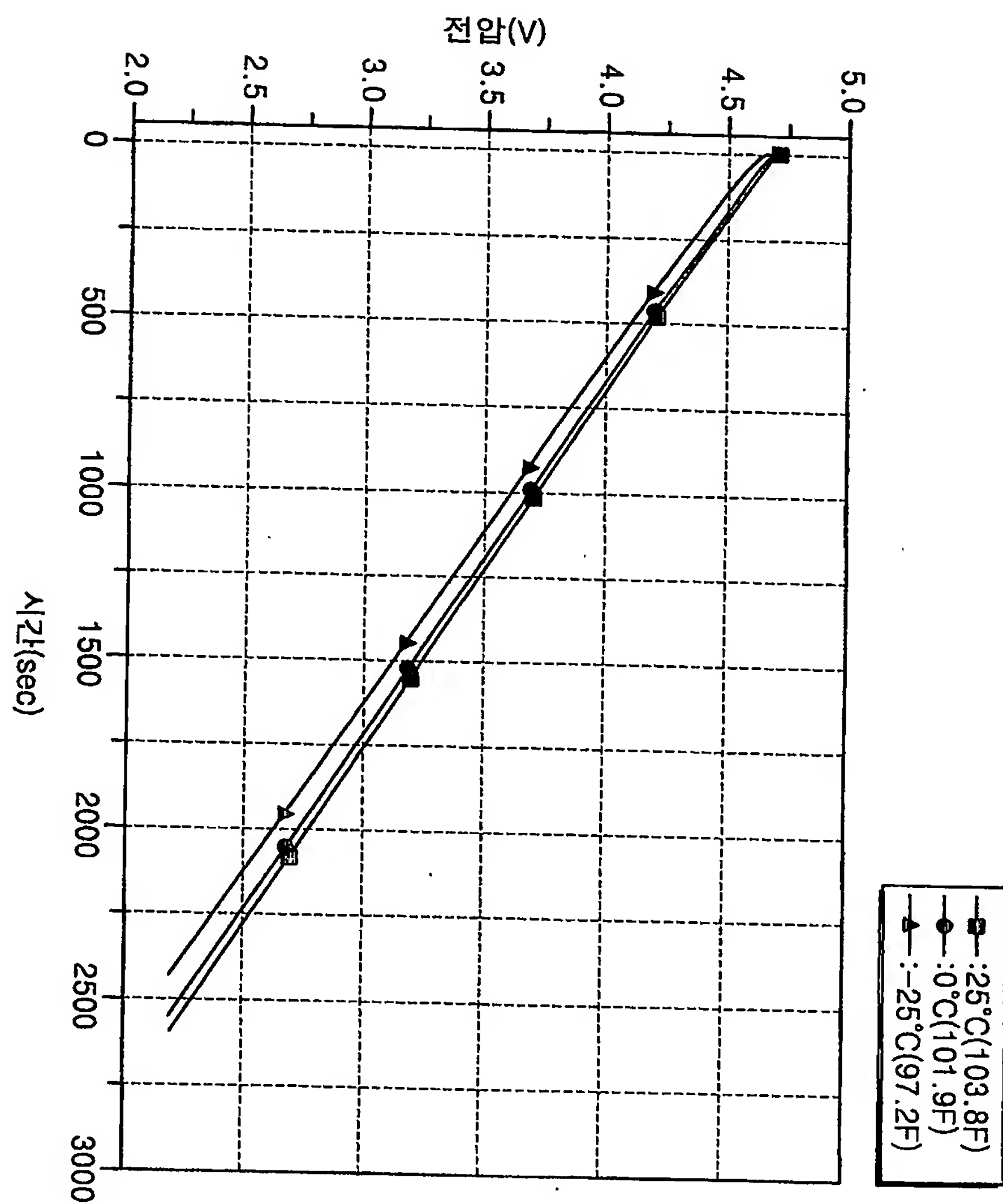
【도 4】



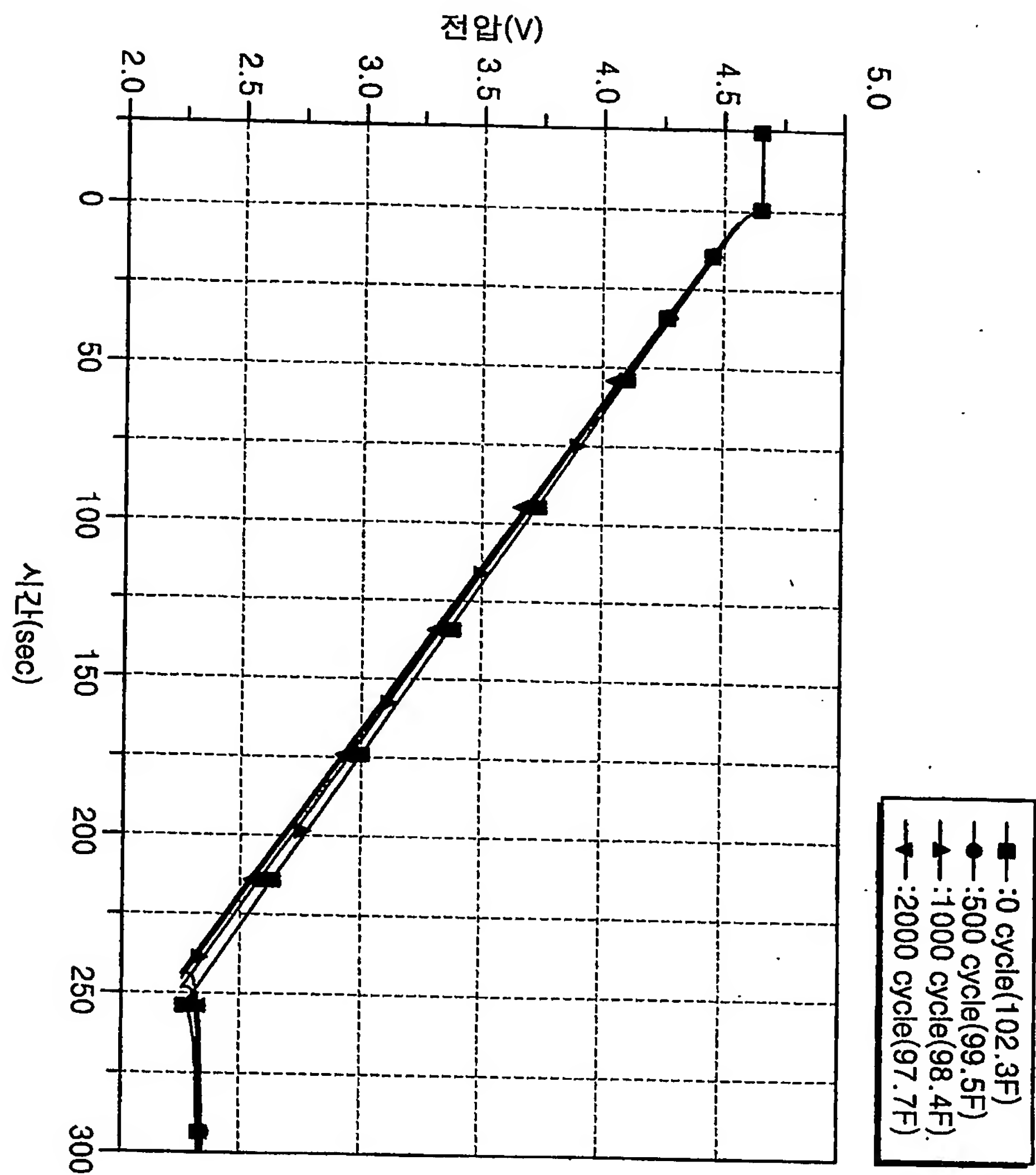
【도 5】



【도 6】



【도 7】



【도 8】

